

500 585. 20011



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

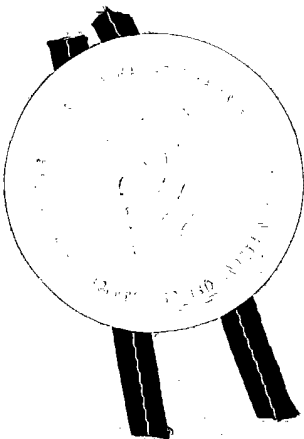
02015135.3

 M. Nossek

Der Präsident des Europäischen Patentamts:  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.



MÜNCHEN, DEN  
MUNICH,  
MUNICH, LE

06/05/03



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung  
Sheet 2 of the certificate  
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.: 02015135.3  
Demande n°:

Anmeldetag:  
Date of filing: 06/07/02  
Date de dépôt:

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
Acterna Eningen GmbH  
72800 Eningen  
GERMANY

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:  
**Optisches Spektrometer mit mehreren spektralen Bandbreiten**

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:  
State:  
Pays:

Tag:  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:

G01J3/28

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing:  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

AT/BG/BE/CH/CY/CZ/DE/DK/EE/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/  
PT/SE/SK/TR

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

EPO - Munich  
68  
06. Juli 2002

5

Anmelder:

10

Acterna Eningen GmbH  
Mühleweg 5  
D-72800 Eningen

15

Vertreter:

20

Kohler Schmid + Partner  
Patentanwälte GbR  
Ruppmannstr. 27  
D-70565 Stuttgart

25

Optisches Spektrometer mit mehreren spektralen Bandbreiten

30

Die Erfindung betrifft ein optisches Spektrometer und insbesondere einen optischen Spektrumanalysator.

Aus der EP 1 106 979 A1 ist ein optischer Spektrumanalysator mit vier parallelen optischen Messpfaden bekannt. Jeder Messpfad weist eine Einkoppel-Lichtleitfaser mit einem die Eingangsapertur definierenden Faserende, ein gemeinsames Beugungsgitter und eine Auskoppel-Lichtleitfaser mit einem die Eingangsapertur

definierenden Faserende auf. Als Lichtleitfasern werden SingleMode-Standardfasern für den Wellenlängenbereich von 1550 nm verwendet, deren Kerndurchmesser 9  $\mu\text{m}$  beträgt. Durch das Beugungsgitter werden die auftreffenden Lichtstrahlen wellenlängenabhängig entlang einer Dispersionsachse dispergiert, so dass je nach

5 Drehstellung des Beugungsgitters unterschiedliche Spektralanteile über die Auskoppelapertur in die Auskoppel-Lichtleitfaser eingekoppelt werden. Allerdings ist es nicht möglich, den bekannten optischen Spektrumanalysator in unterschiedlichen Messmodi mit unterschiedlichen Bandbreiten bei gleicher Wellenlänge zu betreiben.

10 Es sind zwar optische Spektrumanalysatoren bekannt, z.B. der OSA-200 DROP der Firma Acterna Eningen GmbH, die zusätzlich zur Funktion der Spektralanalyse noch die Funktion des Kanalfilters (d.h. einen in der Wellenlänge einstellbaren Bandpass) besitzen. Allerdings ist für die Messung des optischen Spektrums eine gewisse optische Bandbreite (ca. 70 pm) optimal, während für die Funktion des Kanalfilters  
15 eine optische Bandbreite optimal ist, die von der Modulationsfrequenz des zu filternden Signals abhängig ist (z.B. ca. 200 pm für ein 10 GBit/s-Signal). Aus diesem Grund war es bisher nicht möglich, beide Funktionen in einem Gerät zu vereinen. Daher war entweder der Kanalfilter nur eingeschränkt, nämlich bei niedrigen Modulationsfrequenzen, zu benutzen, oder es waren zwei getrennte Geräte  
20 erforderlich, was mit zusätzlichem Aufwand und Kosten verbunden war.

Demgegenüber besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein optisches Spektrometer mit mehreren spektralen Bandbreiten bereitzustellen.

25 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein optisches Spektrometer, umfassend mindestens zwei Einkoppelaperturen mit unterschiedlichen Modenfelddurchmessern, eine Einrichtung zum Dispergieren der aus den Einkoppelaperturen jeweils austretenden Lichtstrahlen entlang einer Dispersionsachse und mindestens zwei Auskoppelaperturen, auf die die  
30 dispergierten Lichtstrahlen jeweils abgebildet werden und deren Modenfelddurchmesser jeweils den Modenfelddurchmessern der zugehörigen Einkoppelaperturen entsprechen.

Aufgrund des vergrößerten Modenfelddurchmessers kann ein größerer spektraler Anteil an dispergierten Lichtstrahlen, d.h. eine größere spektrale Bandbreite, in die Auskoppelapertur eingekoppelt werden. Um dabei die beim Ein- und Auskoppeln der Lichtstrahlen aus bzw. in die Ein- und Auskoppelaperturen auftretende Dämpfung zu minimieren, muss die Einkoppelapertur den gleichen Modenfelddurchmesser wie die Auskoppelapertur aufweisen. Das erfindungsgemäße optische Spektrometer ermöglicht einen zusätzlichen Messkanal (z.B. Filterausgang) mit vergrößerter Bandbreite, d.h. mehrere Messkanäle mit unterschiedlicher Bandbreite, sowie den gleichzeitigen Betrieb mit mehreren verschiedenen spektralen Bandbreiten.

Erfindungsgemäß sind somit in einem einzigen Gerät die optimale Bandbreite für die optische Spektralanalyse und die optimale Bandbreite für die Kanalfilterung eines 10 GBit/s-Signals vorhanden, so dass auf ein externes Kanalfilter verzichtet werden kann, ohne technisch Kompromisse machen zu müssen.

Bevorzugt sind die Ein- und/oder die Auskoppelaperturen durch die Faserenden von Lichtleitfasern gebildet. Zur Erzeugung des größeren Modenfelddurchmessers können die Faserenden verschiedenartig modifiziert sein. Beispielsweise können die Faserenden sphärisch oder asphärisch ausgebildet oder mit optischen Elementen bestückt sein, welche die Funktion einer Linse besitzen.

Bei besonders bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung sind die Ein- und/oder die Auskoppelaperturen mit dem kleineren Modenfelddurchmesser durch das Faserende von SingleMode-Standardfasern (Kerndurchmesser  $9\text{ }\mu\text{m}$ ) und die Ein- und/oder die Auskoppelaperturen mit dem größeren Modenfelddurchmesser durch Lichtleitfasern mit einem gegenüber SingleMode-Standardfasern im Kerndurchmesser verbreiterten Faserende gebildet. Als Fasern mit solch einem verbreiterten Kernende können insbesondere so genannte TEC (Thermally Expanded Core)-Fasern mit einem am Faserende auf ca.  $20\text{ }\mu\text{m}$  bis ca.  $40\text{ }\mu\text{m}$  verbreiterten Kerndurchmesser verwendet werden.

Die mindestens zwei optischen Messpfade des erfindungsgemäßen Spektrometers können beide einen eigenen optischen Eingang oder einen gemeinsamen optischen

Eingang haben, welcher dann mittels eines optischen Schalters jeweils mit einem der Messpfade verbunden wird.

Bevorzugt ist zumindest der Ausgangsapertur mit dem größeren

- 5 Modenfelddurchmesser ein optischer Ausgang zugeordnet, so dass zumindest das Ausgangssignal mit der größeren spektralen Bandbreite für weitere Anwendungen zur Verfügung steht. Dagegen ist der Auskoppelapertur mit dem kleineren Modenfelddurchmesser vorzugsweise ein Detektor zugeordnet, um den mit der kleineren spektralen Bandbreite in die Auskoppelapertur eingekoppelten
- 10 Spektralanteil zu analysieren.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale je für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen

15 Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Es zeigen:

20

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen optischen Spektrometers mit zwei separaten Messpfaden; und

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen optischen Spektrometers mit einem optischen Schalter zum Auswählen eines der

25 zwei optischen Messpfade.

25

Das in Fig. 1 gezeigte optische Spektrometer 1 umfasst zwei parallele optische Messpfade 2a, 2b mit je einem optischen Eingang 3a, 3b und einem optischen

30 Ausgang 4a, 4b. Die Messpfade 2a, 2b weisen jeweils eingangsseitig eine Einkoppelfaser 5a, 5b mit einer Einkoppelapertur 6a, 6b, eine Linse 7a, 7b, eine gemeinsame verdrehbare Dispersionseinrichtung (z.B. Beugungsgitter) 8, eine Linse 9a, 9b sowie ausgangsseitig eine Auskoppelfaser 10a, 10b mit einer Auskoppelapertur 11a, 11b auf.

Die Ein- und Auskoppelfasern 5a, 10a des in Fig. 1 oberen optischen Messpfades 2a sind SingleMode-Standardfasern, deren Faserenden die Ein- bzw.

Auskoppelaperturen 6a bzw. 11a bilden. Daher sind die Ein- bzw.

- 5 Auskoppelaperturen 6a bzw. 11a durch den Kern- bzw. den Modenfelddurchmesser der SingleMode-Standardfasern von  $9\text{ }\mu\text{m}$  definiert. Die Ein- und Auskoppelfasern 5b, 10b des unteren Messpfades 2b sind SingleMode-Standardfasern, deren Faserenden die Ein- bzw. Auskoppelaperturen 6b, 11b bilden und die am Faserende gegenüber SingleMode-Standardfasern im Kern- bzw. Modenfelddurchmesser auf
- 10 z.B. ca. 20 bis ca.  $40\text{ }\mu\text{m}$  verbreitert sind.

- Die aus den Einkoppelaperturen 6a, 6b austretenden Lichtstrahlen 12a, 12b werden jeweils von den Linsen 7a, 7b als Parallelstrahlen auf die Dispersionseinrichtung 8 geführt. Die auf die Dispersionseinrichtung 8 auftreffenden Lichtstrahlen werden
- 15 wellenlängenabhängig entlang einer Dispersionsachse dispergiert, so dass je nach Drehstellung der Dispersionseinrichtung 8 unterschiedliche Spektralanteile von den Linsen 9a, 9b auf die jeweilige Auskoppelapertur 11a, 11b fokussiert und so in die Auskoppelfasern 10a, 10b eingespeist werden. Aufgrund des vergrößerten Modenfelddurchmessers kann in die Auskoppelapertur 11b ein größerer spektraler
- 20 Anteil an dispergierten Lichtstrahlen, d.h. Licht mit einer größeren spektralen Bandbreite, eingekoppelt werden als in die Auskoppelapertur 11a, so dass die Ausgänge 4a, 4b bei gleichen optischen Eingangssignalen optische Ausgangssignale mit unterschiedlichen spektralen Bandbreiten liefern. Der Stellmechanismus zum Verdrehen der Dispersionseinrichtung 8 ist durch den Pfeil
- 25 13 angedeutet.

- Von dem optischen Spektrometer der Fig. 1 unterscheidet sich das in Fig. 2 gezeigte optische Spektrometer 1 durch einen für beide Messpfade 2a, 2b gemeinsamen optischen Eingang 3, der mittels eines optischen Schalters 14 mit einer der beiden
- 30 Einkoppelfasern 5a, 5b verbunden wird, sowie dadurch, dass die Auskoppelfaser 10a an einen Detektor (z.B. Schirm) 15 angeschlossen ist. Dieses optische Spektrometer 1 kann wahlweise dazu verwendet werden, die Spektrallinien eines optischen Eingangsspektrums im Detektor 15 mit hoher Auflösung (d.h. mit geringerer spektraler Bandbreite) zu analysieren oder eine Spektrallinie des optischen

Eingangsspektrums mit höherer spektraler Bandbreite am Ausgang 4b auszukoppeln.



5

Patentansprüche

10

15

20

25

30

1. Optisches Spektrometer (1), insbesondere Spektrumanalysator, umfassend mindestens zwei Einkoppelaperturen (6a, 6b) mit unterschiedlichen Modenfelddurchmessern, eine Einrichtung (8) zum Dispergieren der aus den Einkoppelaperturen (6a, 6b) jeweils austretenden Lichtstrahlen (12a, 12b) entlang einer Dispersionsachse und mindestens zwei Auskoppelaperturen (11a, 11b), auf die die dispergierten Lichtstrahlen jeweils abgebildet werden und deren Modenfelddurchmesser jeweils den Modenfelddurchmessern der zugehörigen Einkoppelaperturen (6a, 6b) entsprechen.
2. Optisches Spektrometer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein- und/oder die Auskoppelaperturen (6a, 6b, 11a, 11b) durch die Faserenden von Lichtleitfasern gebildet sind.
3. Optisches Spektrometer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein- und die Auskoppelaperturen (6a, 11a) mit dem kleineren Modenfelddurchmesser jeweils durch das Faserende einer SingleMode-Standardfaser (5a, 10a) gebildet sind.
4. Optisches Spektrometer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein- und/oder die Auskoppelaperturen (6b, 11b) mit dem größeren Modenfelddurchmesser jeweils durch das Faserende einer gegenüber einer SingleMode-Standardfaser (5a, 10a) am Faserende im Kerndurchmesser verbreiterten Lichtleitfaser, insbesondere durch das Faserende einer TEC-Faser (5b, 10b), gebildet sind.
5. Optisches Spektrometer nach einem vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein- und/oder die Auskoppelaperturen (6b, 11b)

mit dem größeren Modenfelddurchmesser jeweils durch ein sphärisch oder asphärisch ausgebildetes Faserende einer Lichtleitfaser gebildet sind.

- 5 6. Optisches Spektrometer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ein- und/oder die Auskoppelaperturen (6b, 11b) mit dem größeren Modenfelddurchmesser jeweils durch ein mit einem Linsenelement bestücktes Faserende einer Lichtleitfaser gebildet sind.
- 10 7. Optisches Spektrometer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch einen einzigen optischen Eingang (3), der mittels eines optischen Schalters (14) mit jeweils einer der Einkoppelaperturen (6a, 6b) verbindbar ist.
- 15 8. Optisches Spektrometer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Einkoppelapertur (6a, 6b) ein eigener optischer Eingang (3a, 3b) zugeordnet ist.
- 20 9. Optisches Spektrometer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der Auskoppelapertur (11b) mit dem größeren Modenfelddurchmesser ein optischer Ausgang (4b) zugeordnet ist.
- 25 10. Optisches Spektrometer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Auskoppelapertur (11a) mit dem kleineren Modenfelddurchmesser ein Detektor (15) zugeordnet ist.

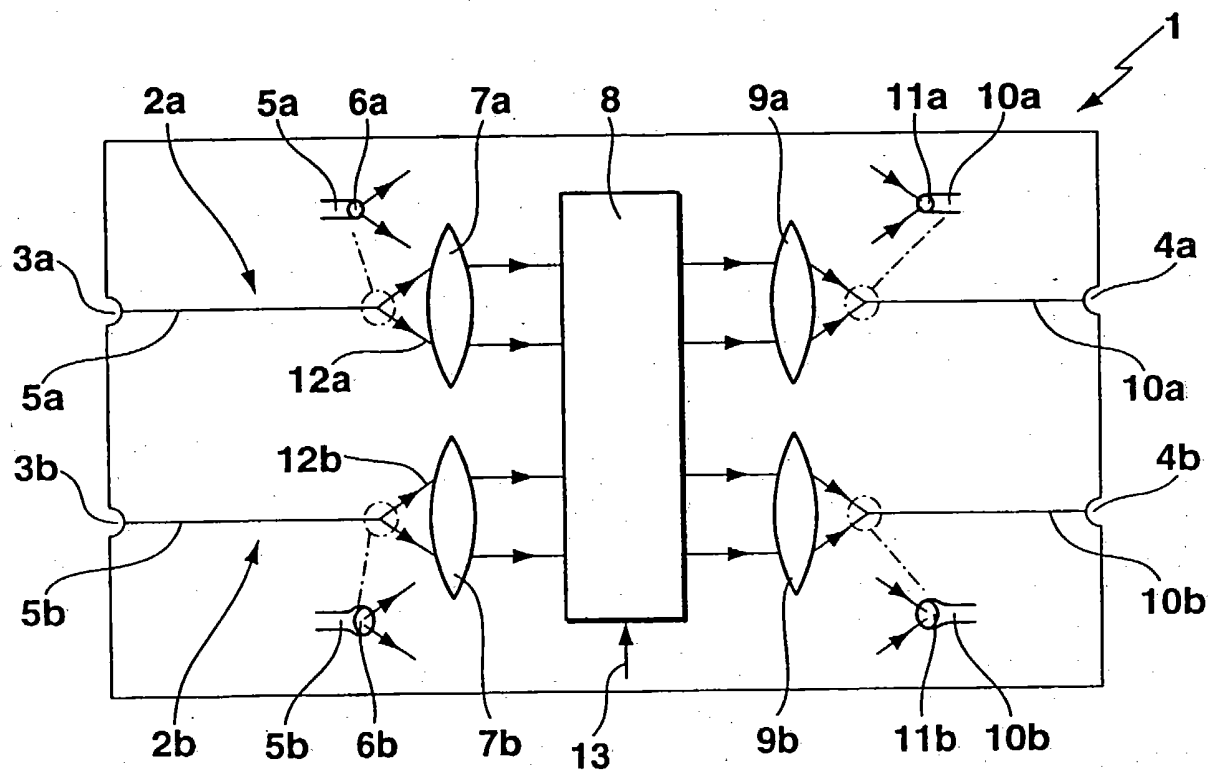
5

### Zusammenfassung

Ein optisches Spektrometer (1) umfasst mindestens zwei Einkoppelaperturen (6a, 6b) mit unterschiedlichen Modenfelddurchmessern, eine Einrichtung (8) zum Dispergieren der aus den Einkoppelaperturen (6a, 6b) jeweils austretenden  
10 Lichtstrahlen (12a, 12b) entlang einer Dispersionsachse und mindestens zwei Auskoppelaperturen (11a, 11b), auf die die dispergierten Lichtstrahlen jeweils abgebildet werden und deren Modenfelddurchmesser jeweils den Modenfelddurchmessern der zugehörigen Einkoppelaperturen (6a, 6b) entsprechen. -  
Aufgrund des vergrößerten Modenfelddurchmessers kann in die Auskoppelapertur  
15 (11b) ein größerer spektraler Anteil an dispergierten Lichtstrahlen, d.h. Licht mit einer größeren spektralen Bandbreite, eingekoppelt werden als in die Auskoppelapertur (11a).

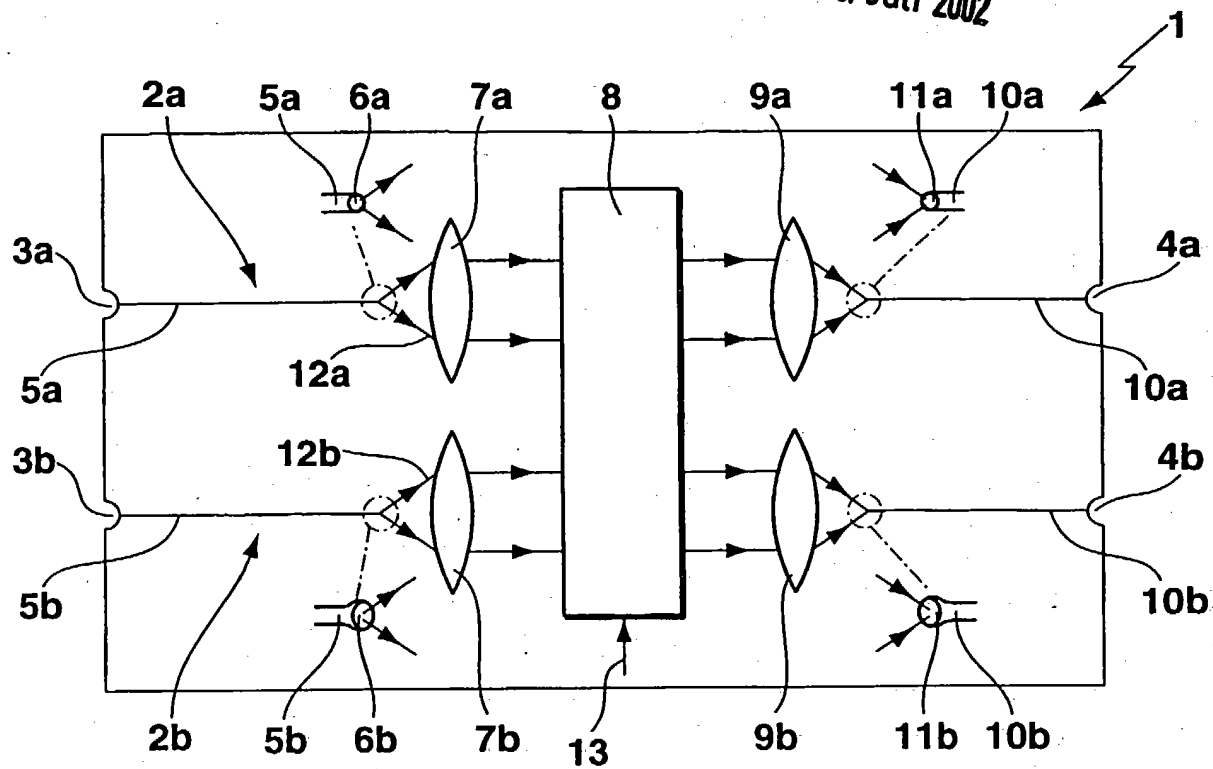
(Fig. 1)

EPO - Munich  
68  
06. Juli 2002

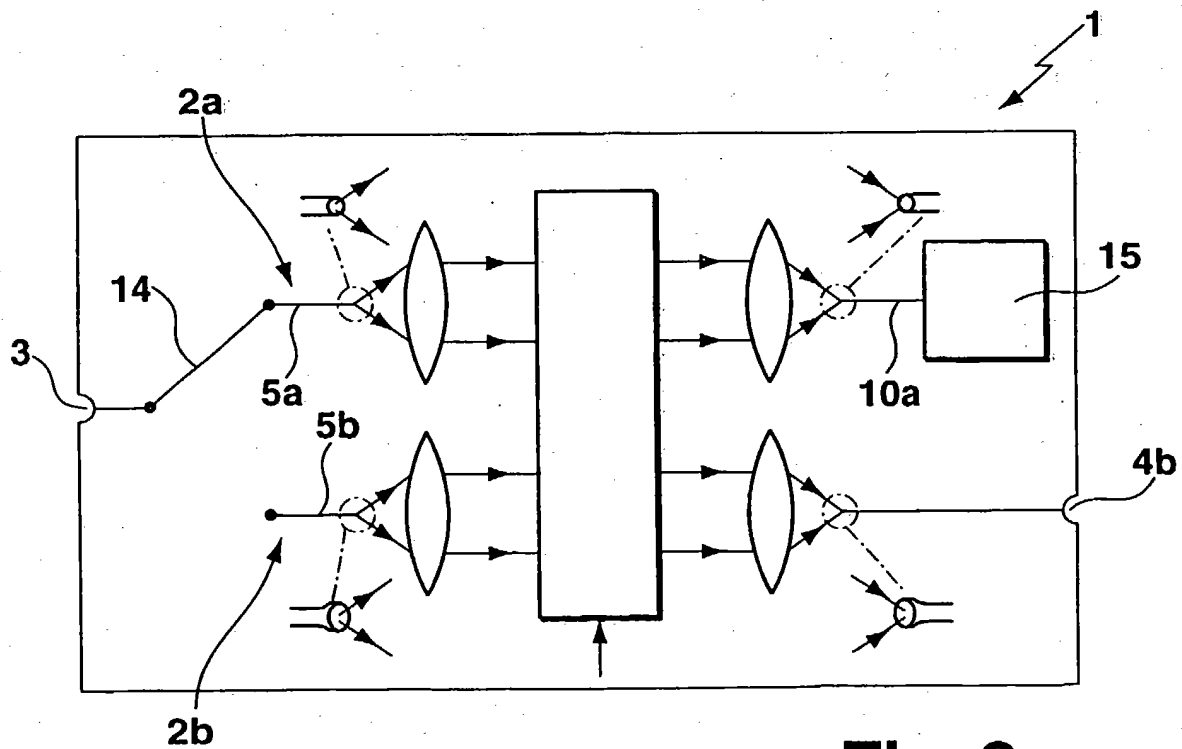


**Fig. 1**

1 / 1



**Fig. 1**



**Fig. 2**